

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРЫ В ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОМ СПЛАВЕ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Al - Mg

*Кищик А.А., Михайловская А.В., Левченко В.С.*

*Руководитель – проф., д.т.н Портной В.К.*

НИТУ «МИСиС», Москва

aza-357@rambler.ru

Сплавы системы Al-Mg имеют хорошие показатели сверхпластичности, но достаточно высокие температуры ее проявления, около 530-550°C и низкие скорости деформации порядка  $10^{-4} \text{ с}^{-1}$ . Повышение скорости деформации и снижение температуры возможно реализовать при достижении микрозеренной структуры (менее 10 мкм), и чем меньше размер зерна, тем лучше показатели сверхпластичности. Увеличение содержания магния до 10% должно способствовать измельчению зерна и снижению температуры сверхпластичности до 400-430°C, из-за снижения температуры солидуса. Однако высоколегированные сплавы данной группы тяжело деформируются и получить деформированный полуфабрикат очень сложно. Цель данной работы – разработка сплава на основе Al-10Mg и технологии получения из него листа с микрозеренной структурой. В соответствие с целью поставлены задачи: исследовать влияние легирования переходными дисперсоидообразующими элементами на зеренную структуру; разработать технологию получения листа с зерном около 2-5 мкм. Составы исследованных сплавов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав исследуемых сплавов, масс.

Маркировка	Mg	Mn	Cr	Ti	Al
M10M	10	0,7	-	0,1	Ост.
M10C	10	0,7	0,2	-	Ост.
M10	10	-	-	-	Ост.
M10T	10	-	-	0,1	Ост.

Для определения влияния разных технологических режимов на зеренную структуру исследовали сплавы M10 и M10T. Структура после литья представляет собой дендриты алюминиевого твердого раствора и неравновесную  $\beta$  – фазу эвтектического происхождения. Титан закономерно измельчает зерно в литом состоянии, так размер зерна в сплаве с титаном  $86 \pm 9$  мкм, а без него  $199 \pm 71$  мкм. В дальнейшем зеренная

структура наследуется, что обеспечивает в сплаве с титаном более мелкое конечное рекристаллизованное зерно в листе  $25,6 \pm 0,8$  мкм против  $98 \pm 6$  мкм (рис. 1 а, б).

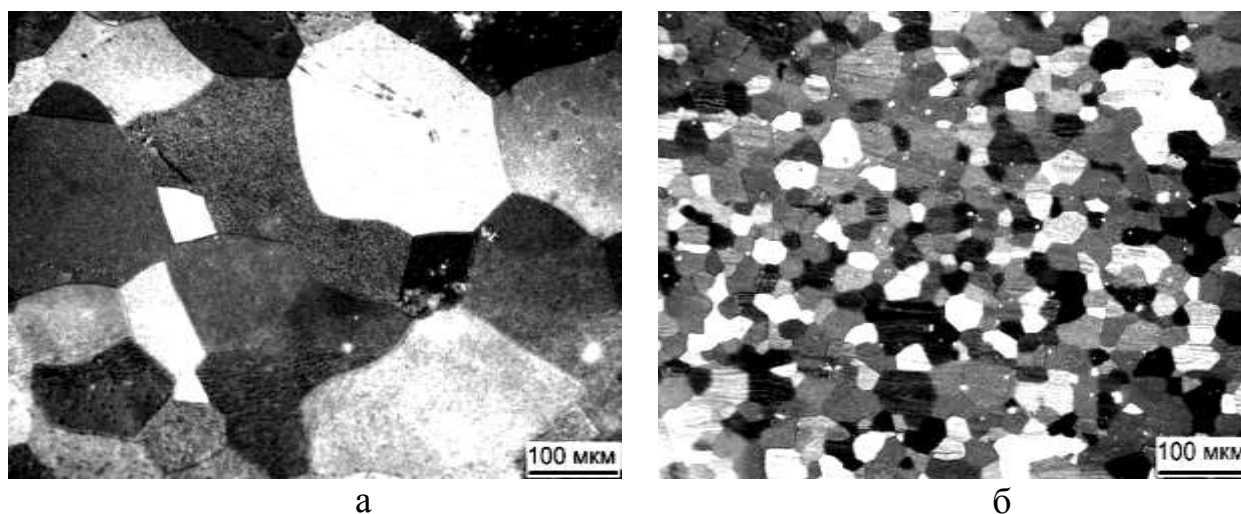


Рисунок 1 – Зеренная структура после обработки по режиму с закалками: М10 – а, М10Т – б

Сравнение технологических режимов проводили для сплава М10Т. Использование режимов сочетающих чередование прокаток с закалками не позволяет получить мелкое зерно, размер зерна превышает 30 мкм (рис. 3а). Предварительно был выбран режим гетерогенизационного отжига после одной из закалок, с целью получения частиц  $\beta$ -фазы размером около 1 мкм и увеличения числа зародышей при рекристаллизации. Данный режим позволяет получить относительно мелкое зерно –  $14,7 \pm 0,4$  мкм. Однако в сплаве М10Т зеренная структура, полученная по этому режиму отличалась значительной неоднородностью – размер зерна менялся от 2,7 мкм до 63 мкм (рис.3,б).

Дополнительно измельчить структуру возможно благодаря введению хрома и марганца в сплав. Скорость кристаллизации, при этом, должна обеспечить полное растворение переходных металлов в алюминиевом твердом растворе для последующего образования дисперсоидов, без образования грубых кристаллизующихся из расплава частиц. При содержании хрома 0,2% и традиционном количестве марганца для сплавов этой группы структура при анализе в световом микроскопе представляла собой алюминиевый твердый раствор и достаточно большое количество неравновесной эвтектики, вырожденной в  $\beta$  – фазу. При используемой скорости охлаждения при литье (15К/с) кристаллизующихся из расплава грубых кристаллов хромомарганцовистых фаз не наблюдали. Использование режима с гетерогенизационным отжигом обеспечивает средний размер зерна -  $3.3 \pm 0.6$  мкм (рис.3, в)

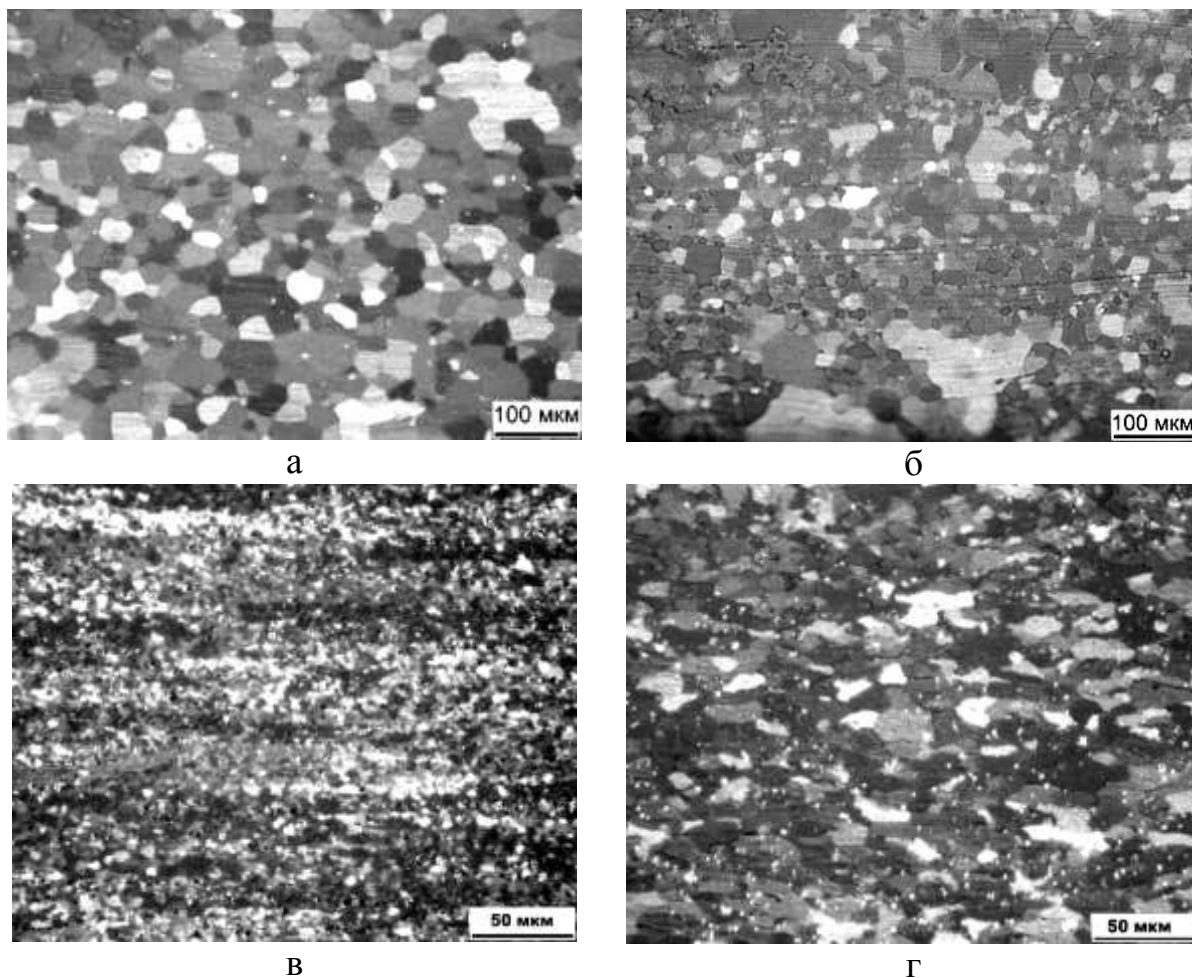


Рисунок 3 – Зеренная структура M10T после: а) режим А, б) режим D, в) режим E, д) режим H

На основе полученных данных можно заключить, что технология, включающая в себя промежуточный гетерогенизационный отжиг, позволяет получить наиболее мелкое зерно в исследованном высоколегированном сплаве системы Al-Mg, а дополнительное легирование марганцем, титаном и хромом позволяют повысить однородность зеренной структуры и измельчить зерно до требуемого уровня.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ и Гранта Президента РФ (договор №14.125.13.232-МК).*